

**Fluid for measuring volum , density and related properties of solid bodies**

Patent Number: ☐ US6443007  
Publication date: 2002-09-03  
Inventor(s): NUFER BRUNO (CH); SCHNYDER MAX  
Applicant(s): METTLER TOLEDO GMBH (CH)  
Requested Patent: ☐ EP1054248  
Application: US20000560023 20000427  
Priority Number(s): DE19991019011 19990427  
IPC Classification: G01N9/00; G01F17/00  
EC Classification: G01N9/08  
Equivalents: ☐ DE19919011, ☐ JP2000329672

---

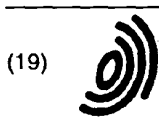
**Abstract**

---

In a method for measuring density and related properties by weighing a solid body while it is suspended in a fluid, there are significant advantages if the fluid has a) a density that is smaller than the density of water; b) a surface tension that is significantly smaller than the surface tension of water; c) a rate of evaporation that is slower than the evaporation rate of water, due to a vapor pressure that is smaller than the vapor pressure of water by at least a factor of 2; and d) a water absorption of less than 1%. Preferably, the fluid contains at least one cyclosilane

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 1 054 248 A2**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

**22.11.2000 Patentblatt 2000/47**

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>: **G01N 9/08**

(21) Anmeldenummer: **00108355.9**

(22) Anmeldetag: **15.04.2000**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE**

Benannte Erstreckungsstaaten:

**AL LT LV MK RO SI**

(30) Priorität: **27.04.1999 DE 19919011**

(71) Anmelder: **Mettler-Toledo GmbH**

**8606 Greifensee (CH)**

(72) Erfinder:

• **Schnyder, Max**  
**8712 Stäfa (CH)**

• **Nufer, Bruno**  
**8308 Illnau (CH)**

(54) **Flüssigkeit zum Messen der Dichte von Körpern**

(57) Für das Messen der Dichte von Festkörpern hat sich als besonders vorteilhaft herausgestellt, wenn eine Flüssigkeit verwendet wird, die folgende Eigenschaften aufweist:

- ihre Dichte ist kleiner als jene von Wasser;
- ihre Oberflächenspannung ist bedeutend kleiner als jene von Wasser;
- sie verdunstet langsamer als Wasser, wobei ihr Dampfdruck um einen Faktor von wenigstens 2 geringer ist, und
- ihre Wasseraufnahme bzw. Hygroskopizität ist kleiner als 1%.

Vorzugsweise enthält die Flüssigkeit mindestens ein Cyclosilan.

**EP 1 054 248 A2**

**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung liegt auf dem Gebiet der Bestimmung der Dichte von Festkörpern oder damit verwandter Eigenschaften wie des Volumens und spezifischen Gewichts und betrifft die Verwendung einer Flüssigkeit in Geräten für die Dichtebestimmung von Festkörpern, die Verwendung der Flüssigkeit zum Messen der Dichte von Festkörpern sowie ein Messgerät für die Dichtebestimmung von Festkörpern.

**[0002]** Beim Messen der Dichte von Festkörpern wird der jeweilige Körper für gewöhnlich einmal in trockenem Zustand und dann in einer Flüssigkeit, normalerweise destilliertem Wasser, gewogen und aus den so gewonnenen Angaben werden die Dichte, das spezifische Gewicht oder/und das Volumen bestimmt. Es sind verschiedene Anordnungen und Verfahren bekannt, die alle eine Flüssigkeit benützen, in welche die Probe getaucht wird.

**[0003]** Dies geht bei Körpern größerer Dichte als Wasser recht gut. Bei Körpern geringerer Dichte treten aber deshalb Schwierigkeiten auf, weil die Körper im Wasser schwimmen. Nun ist man dazu übergegangen, solche Körper geringerer Dichte in alkoholischer Flüssigkeit an Stelle von Wasser zu wägen. Es hat sich aber gezeigt, dass bei Überprüfung der Messergebnisse die Genauigkeit und Reproduzierbarkeit derselben, mindestens für manche Anwendungsfälle, zu wünschen übrig lässt - Alkohol ist leicht flüchtig, was zu einer Veränderung der Dichte der Flüssigkeit führt.

**[0004]** Destilliertes Wasser ist als Medium problemlos zu handhaben. Es hat aber den Nachteil, vergleichsweise leicht Gase, insbesondere  $\text{CO}_2$ , zu absorbieren und die Oberflächen der eingetauchten Gegenstände schlecht zu benetzen. An rauen Oberflächen können Gasblasen hängen bleiben, welche die Messung verfälschen. Zwar sind Methoden der Entgasung mittels Ultraschall bekannt, doch bedingt dies einen zusätzlichen apparativen Aufwand, und überdies ergibt sich ein Energieeintrag in die Flüssigkeit mit der Folge einer Temperaturzunahme. Andere Flüssigkeiten für die Dichtebestimmung sind bekannt, doch vermögen sie die genannten Nachteile nur teilweise zu überwinden. So benetzt z. B. das sogenannte FC 40 gut, ist mit einer Dichte von 1,8 aber nur für die Messung von Festkörpern höherer Dichte oder für Verfahren zur Dichtemessung an schwimmenden Körpern geeignet. Ausserdem verdunstet es ziemlich leicht, was zu Dichteänderungen führt.

**[0005]** Deshalb ist es ein Ziel der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung anzugeben, welche die Dichtebestimmung mit einer höheren Genauigkeit und Reproduzierbarkeit ermöglichen.

**[0006]** Die Anmelderin hat diesbezüglich eine lange Reihe von Versuchen durchgeführt, die letztlich zu der Erkenntnis führte, dass das Ersetzen des destillierten Wassers durch eine Flüssigkeit mit den in den Patentansprüchen 1, 8 und 9 angegebenen Merkmalen und

Eigenschaften den angestrebten Effekt ergibt. Bei Kenntnis dieser Merkmalskombination ist es dem Fachmann ohne großen Aufwand möglich, eine entsprechende Flüssigkeit mit dieser Kombination aufzufinden.

**[0007]** Grundsätzlich ist ein langsames Verdunsten der Flüssigkeit erwünscht. Dies ist ja gerade bei der bekannten Verwendung von Alkohol nicht der Fall. Deshalb wird erfindungsgemäß die Verwendung einer Flüssigkeit mit der im Anspruch 2 umschriebenen Eigenschaft vorgeschlagen.

**[0008]** Im Rahmen der Erfindung ist es natürlich durchaus möglich, Flüssigkeitsgemische zu verwenden. In einem solchen Falle ist mit Vorteil darauf zu achten, dass es sich um ein annähernd azeotropes Gemisch handelt, bei dem definitionsgemäß alle Komponenten im wesentlichen denselben Siedepunkt besitzen, so dass eine Entmischung bzw. eine Veränderung des Gemisches durch unterschiedliche Verdunstung über längere Zeit und damit eine Veränderung der Eigenschaften des Gemisches nicht stattfindet. Nahezu azeotrope Gemische sind zum Beispiel als Ersatz für FCKW-haltige Flüssigkeiten in verschiedenen Zusammensetzungen vorgeschlagen worden, so dass der Fachmann bei Kenntnis der Lehre der vorliegenden Erfindung eine Auswahl treffen kann.

**[0009]** Ein Problem bei der Verwendung von sich von Wasser unterscheidenden Flüssigkeiten liegt in der natürlich vorkommenden Feuchtigkeit, welche die Eigenschaften der Flüssigkeit beeinflussen kann. Deshalb wird erfindungsgemäß die Verwendung einer Flüssigkeit mit den Merkmalen des Anspruches 4 vorgeschlagen.

**[0010]** Während die bekannte Verwendung von Wasser hinsichtlich Umweltverträglichkeit und Toxizität an sich unproblematisch ist, kann die Verwendung einer anderen Flüssigkeit diesbezüglich ein gewisses Problem darstellen. Mit Vorteil wird deshalb eine Flüssigkeit verwendet, die weder Fluorchlorkohlenwasserstoffe enthält noch giftig ist.

**[0011]** Natürlich könnte auch die Entflammbarkeit einer sich von Wasser unterscheidenden Flüssigkeit ein Problem darstellen. Ein besonderer Vorteil der Erfindung liegt darin, dass Flüssigkeiten mit den charakteristischen Merkmalen zur Verfügung stehen, deren Flammpunkte über  $50^\circ\text{C}$  und deren Selbstentzündungstemperaturen über  $350^\circ\text{C}$  liegen, die also bezüglich Feuergefahr unbedenklich sind.

**[0012]** Bei den von der Anmelderin durchgeführten Versuchen und Tests wurde gefunden, dass hervorragende, und um mindestens eine Größenordnung genauere Messergebnisse erhalten werden können, wenn eine Flüssigkeit verwendet wird, die mindestens einen Siliziumwasserstoff enthält. Siliziumwasserstoffe werden nach der IUPAC-Regel D-6.14 auch als Silane bezeichnet und umfassen verzweigte und unverzweigte Siliziumwasserstoffe. Dabei sind Substitutionen im Rahmen der Erfindung durchaus möglich (zum Beispiel Silyle). Besonders bevorzugt sind Cyclosilane, welche

die meisten der obigen Merkmalsanforderungen erfüllen, z. B. alkoholische Cyclosilane, d.h. solche, bei denen an das Siliziumatom mindesten ein Alkohol, wie ein Äthyl-, Methyl-, Butyl-, Propyl-, Isopropylalkohol oder dergleichen gebunden ist. Natürlich sind dabei Substitutionen solcher Alkohole durch Ester (im allgemeinen niederwertige), seltener durch Äther möglich. Besonders bevorzugt sind Flüssigkeiten, bei denen die an das jeweilige Siliziumatom gebundene alkoholische Gruppe eine Methylgruppe ist.

**[0013]** Cyclosilane mit wenigstens vier Siliziumatomen, d.h. relativ größere Ringgebilde, sind bevorzugt. Dabei können vorzugsweise wenigstens zwei alkoholische Gruppen mit jedem Siliziumatom, insbesondere in verzweigter Form, verbunden sein.

**[0014]** In der Praxis haben sich Octamethyl-Cyclotetrasiloxan und höhere Ringverbindungen, wie Dekamethyl-Cyclopentasiloxan, vortrefflich bewährt. Als besonderes vorteilhafte Eigenschaft dieser Verbindungen hat sich die gute Benetzung (Oberflächenspannung bei 25°C 18 bis 19 N/m) herausgestellt. Die Messgenauigkeit beeinträchtigende Gasbläschen am zu vermessenden Körper werden dadurch verhindert oder sofort wieder weggeführt. Es sei erwähnt, dass solche Cyclosilane für andere Zwecke, wie als Kühlflüssigkeiten oder Reinigungs- bzw. Lösungsmittel, auf dem Markt sind und sich durch folgende Eigenschaften auszeichnen: geringere Dichte als 1 g/cm<sup>3</sup>, geringe Toxizität (ohne Einschränkung im Verkauf), eine Selbstentzündungstemperatur von etwa 390-400°C und darüber, einen Flammpunkt zwischen 50 und 80°C, eine Hygroskopizität (Wasseraufnahme) von maximal 0,1%, einen um einen Faktor von etwa 4 tieferen Dampfdruck als Wasser, einer im allgemeinen hohen Beständigkeit der physikalischen Eigenschaften über die Zeit bei verschiedenen Temperaturen und eine gute Benetzbarkeit (derart, dass ein Entgasen, wie bei Wasser, sogar überflüssig wird). Viele solcher Cyclosilane enthaltende Flüssigkeiten sind nahezu azeotrope Mischungen.

**[0015]** Die folgenden Beispiele sollen die Vorteile der Verwendung der oben beschriebenen Flüssigkeiten veranschaulichen. Es wurden jeweils Kunststoffteile mit unregelmässiger Oberfläche getestet, deren nahe 1 g/cm<sup>3</sup> gelegene Dichte in herkömmlicher Weise schwierig zu bestimmen ist.

#### Beispiel 1:

**[0016]** Von einer Uhrenplatine aus Kunststoff sollte die Dichte ermittelt werden. Ihr Trockengewicht betrug 0.2441 g. Es wurde eine erste Serie von fünf Vergleichsmessungen in Wasser durchgeführt, die auf Grund der Formel

$$d = \frac{\text{Trockengewicht} \cdot (d_0 - d_L)}{\text{Trockengewicht} - \text{Nassgewicht}} + d_L$$

wobei  $d_0$  die Dichte der Flüssigkeit und  $d_L$  die mittlere Luftdichte ist, jeweils eine Dichte von 1.610; 1.628; 1.598; 1.640 und 1.640 erbrachten (Werte der Dichten - hier und nachfolgend - jeweils in g/cm<sup>3</sup>). Die Streuung betrug demnach 0.042.

**[0017]** In einer zweiten Messserie wurde in erfindungsgemäßer Weise ein nahezu azeotropes Gemisch von etwa 75 Gewichtsprozent Octamethylcyclotetrasiloxan und 25 Gew.-% Dekamethylcyclopenta-Siloxan verwendet, um die Dichte derselben Uhrenplatine zu bestimmen. Die Dichte dieser Mischung betrug bei 25°C 0.952. Das Trockengewicht der Uhrenplatine war wie oben angegeben und die in dieser Mischung nach der obigen Formel gefundene Dichte betrug in fünf Messungen 1.655; 1.654; 1.654; 1.654 und 1.655, was einer Streuung der Messwerte von nur 0.001 entspricht, also eine um mehr als eine Größenordnung höhere Genauigkeit und Reproduzierbarkeit erbrachte!

#### Beispiel 2:

**[0018]** Derselbe Vergleich wurde nun an einem anderen Gegenstand, nämlich einem Gummipuffer, durchgeführt. Sein Trockengewicht betrug 0.5028g. Die Messungen in Wasser ergaben Dichtewerte von 1.410; 1.412; 1.406; 1.410 und 1.405. Dies entspricht einer Streuung von nur 0.007.

**[0019]** Allerdings wurde dieses an sich bereits gute Ergebnis bei Messungen unter Verwendung des in Beispiel 1 genannten Gemisches noch übertroffen, denn die in fünf Messungen ermittelten Dichtewerte betrugen 1.414; 1.414; 1.414; 1.414 und 1.415. Die Streuung betrug somit nur 0.001.

#### Beispiel 3:

**[0020]** Ein weiterer Vergleich unter Verwendung der in Beispiel 1 genannten Flüssigkeiten wurde mit einem Kunststoffsupport durchgeführt. Das Trockengewicht betrug 0.7256 g. Die Messungen in Wasser ergaben Dichtewerte von 1.582; 1.607; 1.619; 1.612 und 1.619. Dies entspricht einer Streuung von 0.037.

**[0021]** Mit Hilfe der in Beispiel 1 genannten, beinahe azeotropen Mischung ergaben sich Dichtewerte von 1.623; 1.623; 1.623; 1.624 und 1.622. Die Streuung betrug demnach 0.002.

#### Beispiel 4:

**[0022]** Nun wurde eine Achse mit zwei O-Ringen aus Kunststoff mit einem Trockengewicht von 0.9007 g der Prüfung unterzogen. Bei der Messung in Wasser ergaben sich Dichtewerte von 1.515; 1.515; 1.515; 1.498 und 1.498. Die Streuung betrug somit 0.017.

**[0023]** Bei der Dichtebestimmung mittels des genannten Gemisches ergaben sich Dichtewerte von 1.520; 1.519; 1.519; 1.519 und 1.519, was einer Streuung von nur 0.001 entspricht.

**Beispiel 5:**

**[0024]** In diesem Beispiel wurde eine Teflon-Verschlusskappe mit einem Trockengewicht von 1,8940 g getestet. Die Dichtewerte in Wasser waren in fünf Messungen 2.143; 2.142; 2.145; 2.142 und 2.146. Die Streuung betrug nur 0.004.

**[0025]** Dagegen betrugen die Dichtewerte bei einer Nassgewichtsbestimmung im genannten Gemisch 2.147; 2.148; 2.146; 2.146 und 2.148, womit die Streuung noch tiefer, nämlich bei 0.002, lag.

**[0026]** In weiteren Versuchen wurde die Zusammensetzung des Gemisches variiert, wobei eine Mischung etwa 95 Gew.-% Octamethylcyclsiloxan und 5 Gew.-% Dekamethylcyclopenta-Siloxan (Dichte bei 25°C: 0.951) aufwies, ein anderes Gemisch das umgekehrte Verhältnis hatte (Dichte bei 25°C: 0.956). In beiden Fällen ergaben sich ähnliche Streuungswerte wie in den obigen Beispielen 1 bis 5. Prinzipiell waren die Streuungswerte im Falle der Mischung von 5 Gew.-% Octamethylcyclsiloxan und 95 Gew.-% Dekamethylcyclopenta-Siloxan etwas schlechter als die in den obigen Beispielen, was vielleicht auf die größere Nähe zur Dichte von Wasser zurückzuführen ist, doch waren sie immer noch besser als bei der herkömmlichen Verwendung von Wasser. Vor allem zeigte sich ein besonders günstiges Verhalten dieser letzteren Mischung, wenn die Temperatur variiert wurde: Ihre Dichte veränderte sich bei einer Variation zwischen 14 und 30°C praktisch linear (!) von 0.965 auf etwas unter 0.95, ein Phänomen, das bei den anderen beiden Mischungen nur in angenäherter Form auftrat.

**[0027]** Aus diesen verschiedenen Vergleichen wurde geschlossen, dass die Verwendung weiterer, ähnlicher Flüssigkeiten in vorteilhafter Weise möglich ist, sofern nur die im Anspruch 1 bzw. den Ansprüchen 8 und 9 angegebenen Kriterien erfüllt werden. Die Flüssigkeit lässt sich sowohl für ein Verfahren zum Messen der Dichte von Festkörpern als auch in einem Messgerät für die Dichtebestimmung von Festkörpern verwenden. Außerdem zeichnet sie als erfindarisches Bestandteil ein herkömmliches Messgerät für die Dichtebestimmung von Festkörpern mit einer Waage und einem mit Flüssigkeit gefüllten Behälter, in welche der Festkörper für eine Wägung eingetaucht wird, aus, in dem das üblicherweise vorhandene destillierte Wasser durch die Flüssigkeit mit den besonderen Eigenschaften ersetzt ist.

**Patentansprüche**

1. Verwendung einer Flüssigkeit zum Messen der Dichte von Festkörpern, welche die folgenden Eigenschaften aufweist:

- ihre Dichte ist kleiner als jene von Wasser;
- ihre Oberflächenspannung ist bedeutend kleiner als jene von Wasser;

- sie verdunstet langsamer als Wasser, wobei ihr Dampfdruck um einen Faktor von wenigstens 2 geringer ist, und
- ihre Wasseraufnahme bzw. Hygroskopizität ist kleiner als 1%.

2. Verwendung einer Flüssigkeit nach Anspruch 1, deren Dampfdruck um einen Faktor von wenigstens 4 geringer als der von Wasser ist.

3. Verwendung einer Flüssigkeit nach Anspruch 1, die ein nahezu azeotropes Gemisch darstellt.

4. Verwendung einer Flüssigkeit nach Anspruch 1, deren Wasseraufnahme maximal 0,5%, insbesondere weniger als 0,1%, beträgt.

5. Verwendung einer Flüssigkeit nach Anspruch 1, welche frei von FCKW und nicht toxisch ist.

6. Verwendung einer Flüssigkeit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, die mindestens einen nicht toxischen Siliziumwasserstoff, bevorzugt Cyclosilan enthält.

7. Verwendung einer Flüssigkeit nach Anspruch 6 mit dem Siliziumwasserstoff Cyclosilan, wobei am Cyclosilan mindestens eine Kohlenwasserstoffverbindung durch eine andere funktionale Gruppe ersetzt ist.

8. Verwendung einer Flüssigkeit in einem Messgerät für die Dichtebestimmung von Festkörpern, welche die Eigenschaften gemäß einem der vorstehenden Ansprüche aufweist.

9. Messgerät für die Dichtebestimmung von Festkörpern mit einer Waage und einem mit Flüssigkeit gefüllten Behälter, in welche der Festkörper für eine Wägung eingetaucht wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Flüssigkeit die Eigenschaften gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7 aufweist.